Journal of Geography and Regional Development Vol 21, No. 3 (2023) – Serial Number 44

https://doi.org/10.22067/jgrd.2023.84684.1341

Modeling the Development and Expansion of Tabriz City with an Emphasis on Demographic Changes [1]

Esmaeil SoleimnaiRad
PhD Candidate in Geography and Urban Planning, Tabriz University, Tabriz, Iran

Firouz Jafari [2]
Assistant Professor, Department of Geography and Urban Planning, Tabriz University, Tabriz, Iran

Akbar Asghari Zamani
Associate Professor, Department of Geography and Urban Planning, Tabriz University, Tabriz, Iran

Received: 29 May 2023   *Revised: 3 November 2023*   *Accepted: 4 November 2023*

Abstract
The increasing expansion of cities which is affected by population growth and migration, has led to unplanned constructions and many changes in the spatial structure and physical development of cities. One of the major problems in urban planning due to the population growth and the lack of infrastructure facilities is determining the appropriate space for the physical development to satisfy the current needs and anticipate future needs. Therefore, it is very important to pay attention to the population as the main driver of changes in the future of the city. Considering the issue, this research tried to investigate the state of development and physical growth of Tabriz, considering the population of the city and the obstacles to its growth. To collect data, satellite images of Tabriz and document-library studies were used. For data analysis, 2016 Tabriz master plan and land use map (extracted for 1996 to 2022), as well as GIS, ENVI and TERRSET software were used. The ICM method was applied to predict urban growth. The findings showed that the direction of development of Tabriz is strongly affected by natural and human factors and will change the direction of development in the future. By examining the final map, the direction of development is determined. The future development of Tabriz will be towards the north and northwest. Finally, by predicting the population of Tabriz, its growth rate was adapted to the predicted population. At the end, some solutions were suggested to improve the current situation, which require the serious attention of managers and planners of this city.

Keywords: City Growth, Physical Development, Modeling, Tabriz.

---

1. This article is an extract of the PhD dissertation entitled Modeling the Urban Land Use Changes of Tabriz, focusing on Population Structure, defended at Tabriz University, Iran.
2. Corresponding author. Email: f-jafari@tabrizu.ac.ir

https://doi.org/10.22067/jgrd.2023.84684.1341
مقالهٔ پژوهشی

مجلّهٔ جغرافیا و توسعهٔ ناحیه‌ای، سال بیست و یکم، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۴۰۲، شمارهٔ پیاپی ٤٤

مدل‌سازی توسعه و گسترش شهر تبریز با تأکید بر تحولات جمعیتی[۱]

اسماعیل سلیمانی راد (دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران)
ismail.soleimanirad@gmail.com
فیروز جعفری (استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران، نویسنده مسئول)
f-jafari@tabrizu.ac.ir
اکبر اصغری زمانی (دانشیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران)
azamani621@gmail.com

صص ۱٦۸ ـ ۱۳۹

چکیده

رشد روزافزون شهرها که متأثر از رشد جمعیت و مهاجرت است، منجر به ساخت‌وسازهای بدون برنامه‌ریزی و تغییرات زیاد در ساختار فضایی شهرها و توسعه فیزیکی شده است. یکی از مشکلات عمده در برنامه‌ریزی شهری با توجه به رشد جمعیت و کمبود امکانات زیربنایی، تعیین فضای مناسب توسعه فیزیکی شهر برای جواب‌گویی به نیازهای فعلی و پیش‌بینی برای نیازهای آینده است؛ بنابراین توجه به جمعیت به‌عنوان اصلی‌ترین محرک تغییرات در آینده شهر بسیار حائز اهمیت است؛ بر این اساس، هدف پژوهش حاضر، بررسی وضعیت توسعه و رشد فیزیکی شهر تبریز با توجه به جمعیت و همچنین موانع رشد شهر تبریز بود که به لحاظ هدف کاربردی و از لحاظ ماهیت و روش تحلیلی-کاربردی بود. برای

۱. این مقاله برگرفته از رساله دکتری با عنوان «الگوسازی تغییرات کاربری اراضی شهری تبریز با تأکید بر ساختار جمعیتی» در دانشگاه تبریز است.

تاریخ دریافت: ۱٤۰۲/۰۳/۰۸ تاریخ بازنگری: ۱٤۰۲/۰۸/۱۲ تاریخ تصویب: ۱٤۰۲/۰۸/۱۳

گردآوری داده‌ها از تصاویر ماهواره‌ای شهر تبریز و مطالعات اسنادی-کتابخانه‌ای بهره‌گیری شد. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از طرح جامع تبریز و نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۹۵ تبریز استخراج‌شده ۱۹۹٦ تا ۲۰۲۲ و نرم‌افزار GIS,ENVI و TERRSET و از روش LCM برای پیش‌بینی رشد شهری استفاده شد. یافته‌های پژوهش نشان داد که از جهت توسعه شهر تبریز با توجه به عوامل طبیعی و انسانی به‌شدت تحت‌تأثیر قرار می‌گیرد و جهت توسعه در آینده را تغییر خواهد داد. با بررسی نقشه خروجی جهت توسعه مشخص شد که توسعه شهر تبریز در آینده در جهت شمال و شمال غرب خواهد بود. درنهایت با پیش‌بینی جمعیت شهر تبریز میزان رشد آن‌ها با جمعیت پیش‌بینی‌شده تطبیق داده شد. در خاتمه برای بهبود وضع موجود راهکارهایی ارائه شد که نیازمند توجه جدی مدیران و برنامه‌ریزان شهری است.

کلیدواژه‌ها: رشد شهر، توسعه فیزیکی، مدل‌سازی، شهر تبریز.

۱. مقدمه

در طول چند دهه گذشته، اکثر شهرها در سراسر جهان با رشد بی‌سابقه جمعیت و صنعتی‌شدن، گسترش سریعی را تجربه کرده‌اند (الدرویش و همکاران[1]، ۲۰۱۸، ص. ۲۸۷۷؛ وانگ و همکاران[2]، ۲۰۲۲، ص. ١٤). شهرها می‌توانند برای مردم جذاب باشند؛ زیرا کیفیت زندگی راحت و پایدار را با فرصت‌های مختلف ازجمله اشتغال، تحصیل و فرهنگ تضمین می‌کنند (مالیک و همکاران[3]، ۲۰۲۱، ص. ۱)؛ درنتیجه، حدود ۵۵ درصد از جمعیت جهان در حال حاضر در مناطق شهری زندگی می‌کنند که تنها کمتر از ۱ درصد از مساحت زمین را تشکیل می‌دهند (لیو و همکاران[4]، ۲۰۲۱، ص.۱۳۰؛ الرفات و همکاران[5]، ۲۰۲۲، ص.۱۱)؛ بااین‌حال، گسترش سریع و برنامه‌ریزی نشده شهری، چالش‌های جدی برای رشد شهرها ایجاد کرده است. پراکندگی شهری و حومه‌نشینی، زیرساخت‌ها و تراکم ترافیک را افزایش

1. Al-Darwish
2. Wang
3. Mallick
4. Liu
5. Al Rifat

داده و باعث گسترش فیزیکی شهرها شده است (مک دونالد و همکـاران[1]، ۲۰۱۱، ص. ٦٣١٤، پارک و همکاران[2]، ۲۰۱۱، ص. ۱۰۵).

در همین راستا می‌توان گفت که رشد فزاینـده جمعیـت شهرنشـین و اسـکان بـیش از ٦٠ درصد جمعیت جهان در شهرها و تداوم این روند، آینـده کـره‌ی زمـین را بـا چشـم‌اندازهای شهری مواجه می‌کند (هاشمی و روشنعلی، ۱۳۹۷، ص. ۱۳۰). این فضاهای برگزیـده تـا سـال ۲۰۲۵ میلادی افزون بر ۵ میلیارد نفر جمعیت خواهد داشت کـه بـیش از ۷۵ درصـد جمعیـت جهان را در خود جای خواهند داد (لی و گورگل، ۲۰۲۰، صـص. ۲-۱). در چنـد دهـه اخیـر، رشد شهرنشینی بیشتر در شهرهای بزرگ به‌ویژه کلان‌شهرها رخ داد است. از مهم‌ترین دلایـل رشد سریع این‌گونه شهرها، تمرکز خدمات، صنایع و تسهیلات در آن‌هـا بـوده کـه منجـر بـه مهاجرپذیری شدید شده است (مشکینی و تیموری، ۱۳۹۵، ص. ۳۷٦). با افـزایش جمعیـت و افزایش فعالیت‌های اقتصادی، تقاضا برای توسـعه زمـین افـزایش یافتـه و بـه دنبـال آن رشـد بی‌رویه در مناطق شـهری باعـث ظهـور پدیـده شهرنشـینی یـا گسـترش شـهری شـده اسـت (محمدیاری و همکاران، ۱٤۰۰، ص. ۱٤۲). گسترش فیزیکی فرایندی مداوم و پویا اسـت کـه طی آن محدوده‌های فیزیکی شهر و فضاهای کالبدی آن در جهات عمـودی و افقـی از حیـث کمی و کیفی گسترش می‌یابند و اگر این روند سریع و بی برنامه ادامه یابـد، اثـرات زیان‌بـاری در محیط بر جـای می‌گـذارد (هـاتفی ادرکـانی و همکـاران، ۱٤۰۲، ص. ۱۲۰)؛ امـا متأسـفانه گسترش فیزیکی به دلیل افزایش جمعیت، مهاجرت‌های درون و برون‌شهری، اغلب در اراضی پیرامون شهرها روی داده اسـت؛ به‌طوری‌کـه موجـب تخریـب اراضـی کشـاورزی، صـدمات زیست‌محیطی (لو و همکاران، ۲۰۲۳، ص. ٤)، تغییرات چشم‌انداز، پیـدایش جزیـره حرارتـی، تناوب ویژگی‌های هیدرولوژی و کاهش گونه‌های زیستی می‌شوند. بدیهی است این تغییـرات و فعـل و انفعـالات جمعیتـی تـأثیر تعیین‌کننـده و نمایـانی در بعـد کالبـدی شـهرها دارنـد (حسینی‌خواه و زنگی‌آبادی، ۱۳۹٦، ص. ۱٤٤).

1. McDonald
2. Park

بنابراین شهرنشینی علاوه‌بر استفاده از اراضی به افزایش جمعیت و آثار محیطی مرتبط با مسائل زیست‌محیطی منجر می‌شود (حسینی‌خواه و زنگی‌آبادی، ۱۳۹٦، ص. ١٤٤). این گسترش که به سمت حومه‌ها و حاشیه کشیده می‌شود، علاوه‌بر هزینه‌های مالی توسعه برای دولت‌ها از جنبه‌های اجتماعی نیز سبب از بین رفتن عدالت اجتماعی می‌شود (پریزادی و همکاران، ١٤٠١، ص. ١٣٠٤). به‌صورت کلی، در سطح جهانی تخمین زده شده است که گسترش شهری دو برابر نرخ رشد جمعیت است؛ بااین‌حال، تحقیقات اخیر روند معکوس تراکم جمعیت را نشان می‌دهد. مطابق با افزایش روند پراکندگی، پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که مقدار کل زمین شهری می‌تواند ۲ تا ٦ برابر افزایش یابد (بریس، ۲۰۲۳، ص. ۱). به‌منظور به حداکثر رساندن مزایای شهرنشینی و درعین‌حال تکمیل اثرات نامطلوب آن، پیش‌بینی و کنترل گسترش مناطق شهری ضروری است؛ بر این اساس، محققان و دست‌اندرکاران حوزه برنامه‌ریزی شهری روش‌های مختلفی را برای الگوبرداری از رشد شهری توسعه داده‌اند. داده‌های سنجش از دور ازجمله تصاویر ماهواره‌ای، در اکثر مدل‌های رشد شهری استفاده می‌شوند؛ زیرا حاوی طیف گسترده‌ای از اطلاعات کاربری زمین/پوشش زمین به طور هم‌زمان هستند (هرولد و همکاران[1]، ۲۰۰۱، ص. ۱). در ایران نیز تغییرات کالبدی و تحولات فضایی شهرها، چنان سریع و شتاب‌زده عمل کرده است که پس از دوره‌ای کوتاه، اکنون شهرهای کشور نه‌تنها توانایی حفظ ویژگی‌های سنتی و اصیل خود را ندارند، بلکه اصول تازه و علمی بر کالبد آن‌ها و رشد و توسعه آینده‌شان با مشکلات بسیاری همراه است (طهماسبی مقدم و همکاران، ۱۳۹۷، ص. ۱۵۰)؛ بنابراین امروزه یکی از مسائل عمده تمام شهرهای ایران به‌خصوص کلان‌شهرها، رشد شهرنشینی و به‌تبع آن گسترش پدیده خزش شهری بر اراضی پیرا شهری است که باعث نابسامانی شهری شده‌اند.

در سال‌های اخیر نرخ رشد جمعیت در ایران به‌خصوص بعد از دهه ٦٠ که یک دوره انفجار جمعیت را پشت سر گذاشت، رو به کاهش گذاشته است و این مسئله یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های برنامه‌ریزان در آینده است. در این میان کلان‌شهر تبریز ازجمله شهرهایی است که نه تنها نرخ رشد جمعیت در آن به‌شدت در حال سقوط است، بلکه مسئله‌ای که

1. Herold

بیشتر نگران‌کننده است، قرار گرفتن این شهر در بین شهرهای مهاجرفرست ایران است. همان‌طورکه از داده‌های سرشماری‌های ٤٠ سال اخیر پیداست،. روند رشد جمعیت در کلان‌شهر تبریز از ٦/٢٥ در سال‌های ١٣٦٥–١٣٥٥ به حدود کمتر از ١ در سال‌های ١٣٩٥–١٣٩٠ رسیده است و این یعنی سقوط ناگهانی رشد جمعیتی در این شهر که می‌تواند پیامدهای بسیاری را در برنامه‌ریزی برای این شهر در پی داشته باشد.

شهر تبریز به‌عنوان مرکز استان آذربایجان شرقی، با توجه به ویژگی‌های خاص خود در دهه‌های اخیر دارای تحولات زیادی در زمینه‌های کالبدی شهر بوده است. این شهر با شهرستان‌ها و بخش‌های اطراف مرزهای مشترکی دارد که از لحاظ سیاسی، رشد و توسعه شهر را تحت‌تأثیر قرار داده است. همچنین شهر تبریز از لحاظ طبیعی و موانع انسانی اطراف شهر نیز دچار محدودیت‌های برای رشد است. موانعی مانند مراکز صنعتی بزرگ در اطراف شهر، مراکز نظامی، مرز شهرستان‌ها بخش‌هایی مانند باسمنج که در سال ١٤٠٠ محدودیت‌های شهر تبریز را بیشتر کرده‌اند. وجود دید واقع‌گرایانه در زمینه رشد و توسعه شهر برای برنامه‌ریزی برای آینده مبرم و ضروری است، اما مهم‌ترین عامل رشد و توسعه شهر، جمعیت آن است که باید در نظر گرفته شود. درواقع برنامه‌ریزی باید براساس ویژگی‌های جمعیتی تبریز در آینده صورت پذیرد که متأسفانه در بسیاری از تحقیقات عامل جمعیت در محاسبات حذف شده و تنها به روند توسعه شهر اکتفا می‌شود. در همین راستا، این مقاله به دنبال پاسخ به این سؤال است که مدل‌سازی گسترش شهر تبریز تا سال ١٤٣٠ چگونه خواهد بود و نقش تغییرات جمعیتی در آینده در رابطه با گسترش شهر تبریز چیست؟

۲. پیشینه تحقیق

در زمینه تغییرات جمعیتی و گسترش فیزیکی تحقیقاتی صورت گرفته است که در جدول ١ به‌صورت مختصر به بررسی آن‌ها پرداخته می‌شود.

جدول ۱. پیشینه پژوهش

مأخذ: نگارندگان، ۱٤۰۲

پژوهشگران سال	عنوان پژوهش	نتایج
هانون و همکاران (۲۰۲۳)	پیش‌بینی رشد شهری با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و تکنیک‌های جدید مبتنی بر GIS با تمرکز بر شهر ناصریه، جنوب عراق	نتایج پژوهش نشان داد که گسترش شهر ناصریه (منطقه موردمطالعه) تصادفی و بی‌برنامه است و اثرات مخربی بر سیستم‌های شهری و طبیعی دارد. نسبت مساحت شهری حدود ۱۰ درصد افزایش یافت، یعنی از ۲/۵ درصد در سال ۱۹۹۲ به ۱۲/۲ درصد در سال ۲۰۲۲ رسید.
کیم و همکاران (۲۰۲۲)	پیش‌بینی گسترش شهری با استفاده از مدل شبکه LSTM متحرک: منطقه کلان‌شهر سئول، کره	نتایج نشان داد که ConvLSTM با عوامل شهر و عوامل مجاور در مقیاس محلی، زمین شهری را پیش‌بینی می‌کنند. عوامل تعیین‌کننده شامل نسبت جمعیت و جاده‌ها در مقیاس شهر و زمین‌های شهری مجاور، فاصله تا نزدیک‌ترین ایستگاه‌های مترو، شیب و ارتفاع در مقیاس محلی است. نتایج نشان می‌دهد که زمین‌های شهری پیش‌بینی‌شده در سال ۲۰۲۰ در کل منطقه افزایش می‌یابد.
کیم و کیم (۲۰۲۲)	مدل‌سازی و پیش‌بینی گسترش شهری در کره جنوبی با استفاده از مدل هوش مصنوعی	نتایج نشان داد که گسترش شهری زمانی افزایش می‌یابد که منطقه‌ای خاص نزدیک به منطقه توسعه‌یافته اقتصادی با توپوگرافی ملایم باشد. علاوه بر این، وجود مناطق کوهستانی و مقررات قانونی درمورد کاربری اراضی، امکان گسترش شهری را به میزان درخورتوجهی کاهش می‌دهد.
رانا و سرکار (۲۰۲۱)	پیش‌بینی گسترش شهری با استفاده از رویکرد تشخیص تغییر پوشش زمین	نتایج پژوهش نشان داد که مساحت شهری از ۳/۳۹ به ۸/۷۹ کیلومترمربع طی سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۸ افزایشی افته است.
یورانگ و همکاران (۲۰۱۹)	پیش‌بینی رشد شهری با وضوح زیاد براساس کاربردهای متعدد مدل رشد شهریSLEUTH	نتایج پژوهش نشان داد که این مدل، رشد شهری را با استفاده از دولایه شبکه‌های ۵۰ دقیقه‌ای قوسی که مناطق شهری جهانی را در برمی‌گیرد شبیه‌سازی می‌کند. درحالی‌که نرخ‌های رشد متفاوتی در هر منطقه شهری مشاهده می‌شود، پیش‌بینی می‌شود پوشش شهری جهانی تا سال ۲۰۵۰ به ۱/۷×۱۰٦ کیلومترمربع برسد که تقریباً ۱/٤ برابر سال ۲۰۱۲ است. پایگاه داده جهانی رشد شهری برای برنامه‌ریزی‌ها و ارزیابی‌های زیست‌محیطی آینده ضروری است.

پژوهشگران سال	عنوان پژوهش	نتایج
کومار (۲۰۱٦)	کاربرد مدل مبتنی بر زنجیره مارکوف و اتوماتای سلولی برای پیش‌بینی انتقال شهری	در این مقاله، رشد شهری با استفاده از اتوماتای سلولی (CA) و مدل مبتنی بر زنجیره مارکوف پیش‌بینی شده است و یک مدل یکپارچه پیاده‌سازی تحلیل زنجیره‌ای CA و مارکوف، تعبیه‌شده در سیستم اطلاعات جغرافیایی به نام ماژول مدل‌ساز تغییر زمین (LCM)نرم‌افزار Terrset برای پیش‌بینی رشد شهری آینده استفاده شده است. شهر ویجایاوادا، پایتخت جدید ایالت آندرا پرادش، هند به‌عنوان مطالعه موردی در نظر گرفته شده است. داده‌های ماهواره‌ای سنجش از دور مربوط به سال‌های ۱۹۷۷، ۱۹۹٦ و ۲۰۱۵ برای تولید تصاویر پوشش زمین کاربری زمین (LULC) استفاده می‌شود. با استفاده از تصاویر LULC سال‌های ۱۹۷۷ و ۱۹۹٦، LULC سال ۲۰۱۵ توسط LCM پیش‌بینی شده است.
ستو و همکاران (۲۰۱۱)	فراتحلیل گسترش جهانی زمین شهری	نتایج پژوهش نشان داد که تا سال ۲۰۳۰، پوشش زمین شهری جهانی بین ٤۳۰۰۰۰ کیلومترمربع و ۱۲٥٦۸۰۰۰ کیلومترمربع افزایش خواهد یافت که احتمال آن ۱۵۲۷۰۰۰ کیلومترمربع بیشتر است.
اکبری و همکاران (۱٤۰۲)	شبیه‌سازی و پیش‌بینی الگوی رشد شهری تا سال ۱٤۳۰ با استفاده از مدل SLEUTH-3R) مطالعه موردی: شهر زاهدان)	نتایج نشان داد که روند رشد تاریخی شهر زاهدان بیشتر براساس رشد ارگانیک، رشد براساس گرایش به جاده و رشد مناطق شهری به صورت لبه‌ای و رشد آتی شهر به صورت درونی و سپس در کناره‌های بافت موجود خواهد بود. نتایج، رشد آینده شهر زاهدان را نشان داد.
اسفنده و همکاران (۱٤۰۰)	شبیه‌سازی و پیش‌بینی الگوی رشد شهری تا سال ۲۰۵۰ با استفاده از مدل SLEUTH-3R (مطالعه موردی: ناحیه ساحلی شهرستان پارسیان)	نتایج نشان داد که رشد شهری در این منطقه بیش از همه تحت‌تأثیر پستی و بلندی‌ها است و ایجاد لکه‌های سکونتگاهی با شبکه حمل‌ونقل رابطه‌ای خطی دارد. همچنین رشد شهرها بیشتر از اراضی درونی شهری شکل‌گرفته و ایجاد لکه‌های پراکنده شهری و رشد ناشی از حاشیه‌های شهر با نسبت کمتری در شکل‌گیری سکونتگاه‌های این منطقه نقش دارند. از سوی دیگر، مساحت مناطق شهری از سال‌های ۲۰۱۹ تا ۲۰۵۰، از ۱۲۰۰ هکتار به ۳٤۸۱ هکتار افزایش خواهد یافت که معادل نرخ رشد برابر با ۷۳/۵۸ است.
عبیات و همکاران (۱٤۰۰)	مدل‌سازی روند تغییرات زمانی_ مکانی کاربری اراضی و توسعهٔ شهری	نتایج پژوهش نشان داد که تا سال ۲۰۲۹ حاکی از ادامه روند افزایش نواحی ساخته‌شده است؛ به‌طوری‌که در دَه سال میزان ۲۲۳۸/۸۲ هکتار به نواحی ساخته‌شده الحاق می‌یابد و مساحت آن

پژوهشگران سال	عنوان پژوهش	نتایج
	اهواز مبتنی بر رویکرد آمایشی	به ١٢٣٤٥/٦٣ هکتار در سال ۲۰۲۹ می‌رسد.
ابراهیم پور و فرش چین (۱۳۹۵)	پیش‌بینی رشد شهری از طریق اتوماتای سلولی- زنجیره مارکوف	نتایج پژوهش نشان داد که اگر روند رشد شهری و تغییر کاربری زمین در مناطق اطراف تغییر کند، شهر ادامه دارد و مناطق شهری تا سال ۲۰۷۰ در مقایسه با سال ۲۰۰۹ دو برابر می‌شود؛ درحالی‌که زمین‌های کشاورزی به نصف کاهش می‌یابد. این امر می‌تواند زمینه‌ای برای مسائل زیست‌محیطی در آینده فراهم کند؛ ازاین‌رو توصیه می‌شود به‌جای رشد شهری در مناطق اطراف از ظرفیت درونی شهر استفاده شود.
ارخی (۱۳۹۳)	پیش‌بینی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی با استفاده از مدل LCM در محیط GIS	نتایج نشان داد که در طول دوره ١٣٦٧-١٣٩٠، ١٤٦٩١ هکتار جنگل تخریب شده است. همچنین اراضی بایر به مقدار ٩٨٧٤ هکتار نسبت به سطح اولیه خود توسعه یافته است. نتایج پیش‌بینی نشان داد که مساحت اراضی جنگلی در سال ١٤٠٠ در مقایسه با ۱۳۹۰ کاهش یافته و اراضی بایر افزایش خواهند یافت.

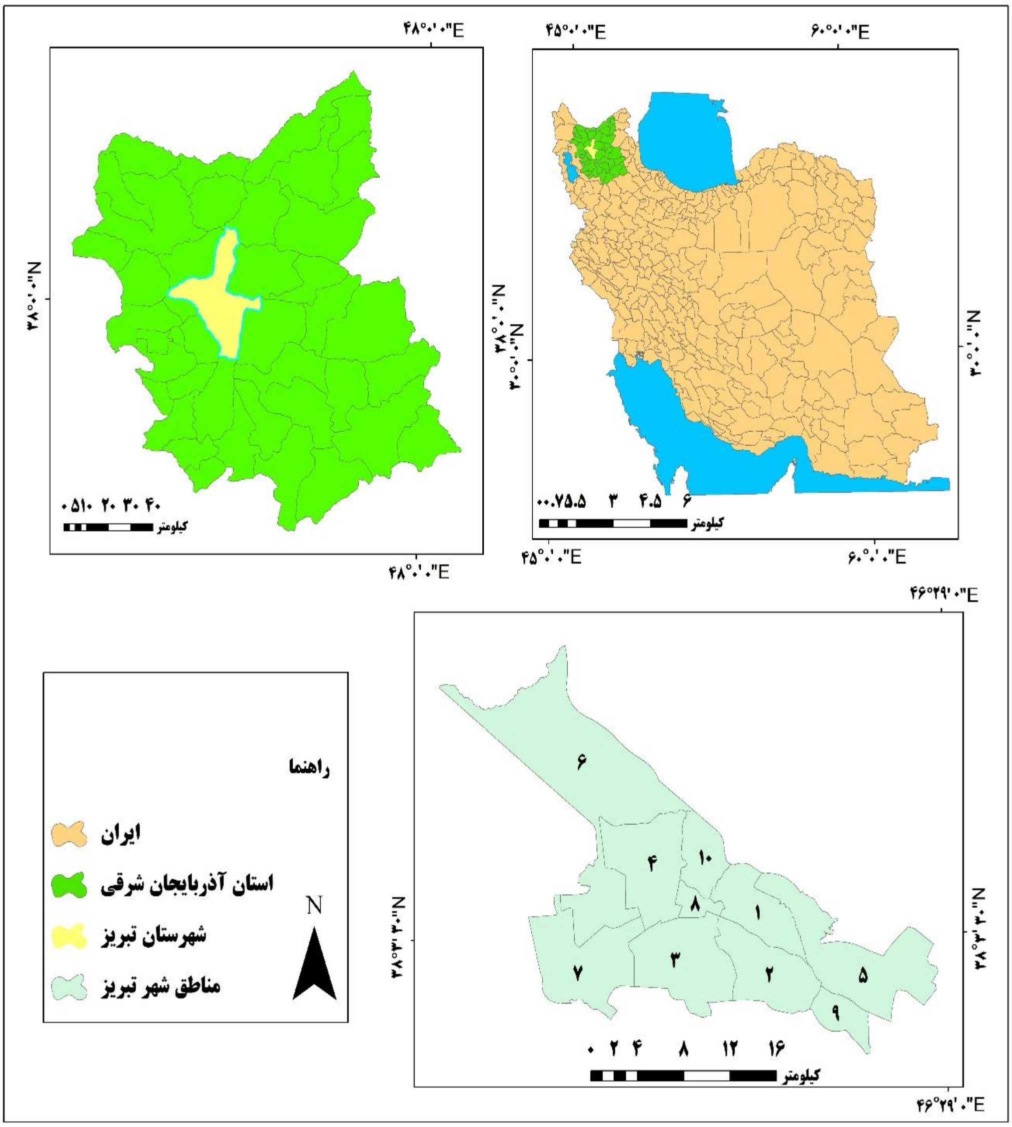
بررسی پیشینه پژوهش نشانگر آن است که با توجه به اهمیت و ضرورتی که تغییرات جمعیتی بر گسترش فیزیکی دارد، تاکنون توجه بسیار کمی به بررسی شاخص‌های مؤثر تغییرات جمعیتی بر گسترش شهری به‌خصوص در شهر اهواز شده است؛ این در حالی است که آگاهی از شاخص‌های جمعیتی بر گسترش فیزیکی از اهمیت بسیاری برخوردار است و در این راستا بهره‌گیری از رویکردهای مدیریتی و طراحی مؤلفه‌های کلیدی گام مؤثری در این عرصه خواهد بو. باید توجه داشت که در جهان پر از تغییر و تحول و محیط سرشار از عدم قطعیت‌ها، تنها با به‌کارگیری مدل‌سازی و پیش‌بینی و نگاه به آینده است که می‌توان عوامل کلیدی مؤثر در شاخص‌های جمعیتی و اثرات منفی بر گسترش فیزیکی شهر کاست و با مدیریت صحیح و برنامه‌ریزی‌شده، مدیران شهری را در برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌گذاری‌ها یاری کرد؛ بنابراین پژوهش حاضر به دنبال ارزیابی و تحلیل نقش تغییرات جمعیتی بر گسترش فیزیکی کلان‌شهر تبریز است. همین مسئله پژوهش حاضر را از سایر پژوهش‌هایی که تاکنون انجام نشده است، متمایز می‌کند.

۳. روش‌شناسی تحقیق

پژوهش حاضر به لحاظ هدف، کاربردی و از لحاظ ماهیت و روش، توصیفی و تحلیلی است. برای گردآوری داده‌های موردنیاز از تصاویر ماهواره‌ای و مطالعات اسنادی و کتابخانه‌ای بهره‌گیری شد. تصاویر ماهواره لندست در دوره زمانی ٢٦ ساله در چهار مقطع زمانی ١٩٩٦، ٢٠٠٦، ٢٠١٦ و ٢٠٢٢ است. تصاویر ماهواره‌ای سری لندست از باندهایی با طول موج‌هایی متفاوت تشکیل شده است که در موضوع موردبحث از ترکیب باندهای ٦، ٥، ٤، ٣، ١ برای سنجنده های ETM TM و ترکیب باندهای ٥، ٤، ٣، ٢، ١ برای سنجنده OLI استفاده شده است که بیشترین دقت را برای طبقه‌بندی داشته‌اند. برای طبقه‌بندی و تحلیل تصاویر از نرم‌افزارهای ENVI و IDRISI TerrSet و ARC GIS استفاده شد. تصاویر ماهواره‌ای در نرم‌افزار ENVI تصحیح شد و با روش نزدیک‌ترین همسایه طبقه‌بندی و ضریب کاپای آن‌ها برای تصویر سال ١٩٩٦ برابر با ۰/۹۲ برای سال ٢٠٠٦ برابر با ۰/۹۲۵۲ برای سال ٢٠١٦ برابر با ۰/۹٤١٦ و سال ٢٠٢٢ برابر با ۰/۹۳۱۲ بود. سپس تصاویر در نرم‌افزار GIS برای ورد به نرم‌افزار TerrSet آماده‌سازی شدند و در انتها در نرم‌افزار TerrSet روش LCM برای مدل‌سازی توسعه شهر تبریز استفاده شد. با توجه به محدودیت‌های رشد شهری تبریز، لایه‌های اطلاعاتی مانند نقشه DEM، نقشه راه‌های دسترسی، مرزهای سیاسی و محدودیت‌های طبیعی به‌صورت فاصله اقلیدسی در مدل‌سازی استفاده شد. برای تحلیل و پیش‌بینی جمعیت نیز از نرم‌افزار Spectrom و روش Demproj استفاده شد.

۳. ۱. معرفی محدوده موردمطالعه

شهر تبریز طی قرون متمادی از مرکز مهم مبادله، صنعت و بازرگانی و یکی از کانون‌های شهری بااهمیت بوده است و امروزه نیز بعد از تهران، مشهد و اصفهان به لحاظ جمعیت شهرنشین کشور، در رده چهارم قرار دارد. جمعیت در تبریز در مدت ٦٦ سال گذشته بیش از ۷ برابر افزایش پیداکرده است و از ۲۱۳۰۰۰ نفر در سال ۱۳۱۹ به ۱۷۲٤۳٦۹ نفر در سال ۱۳۹۵ رسیده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵) که نشان‌دهنده تمرکز زیاد در این شهر است. شکل ۱ بیانگر محدوده جغرافیایی شهر تبریز است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی شهر تبریز

مأخذ: ترسیم نگارندگان، ۱۴۰۲

٤. مبانی نظری تحقیق

توسعه شهری عبارت است از بسیج بالقوه اجتماعی، اقتصادی و کالبدی برای بالا بردن سطح کیفیت محیط‌زیست شهری و برقراری توازن در کمیت و کیفیت زندگی شهرنشینی (طهماسبی مقدم و همکاران، ۱۳۹۷، ص. ۱۵۰). شهرها اصولاً تمایل به توسعه دارند و در مسیر رشد به عناوین خاص جغرافیایی دست می‌یابند که هریک برای خود مفاهیمی دارند. در توسعه شهری شهر با مسائل حاد اقتصادی و اجتماعی روبه‌رو خواهند بود و تنگناهایی در شرایط زندگی و مسکن و محل اشتغال جمعیت به وجود می‌آورد. توسعه شهری عبارت است از گسترش هماهنگ و متعادل سطح اختصاص داده‌شده به ساختمان‌های مسکونی در یک شهر با سطوح موردنیاز در سطحی استاندارد و قابل‌قبول؛ به عبارت دیگر، از یک‌سو در توسعه شهری برابری و تعادل بین کیفیت و کمیت آنچه احداث می‌شود و از سوی دیگر، تعداد و اندازه جمعیت شهرنشین که در این مناطق جا می‌گیرند، اهمیت دارد (هاتفی ادرکانی و همکاران، ١٤٠٢، ص. ۱۲۳). در مسائل شهری روند و توسعه شهری عمدتاً با هم یک فرض می‌شوند. در منابع شهرسازی کلمات و اصطلاحات متعددی برمی‌خوریم که مهم‌ترین آن عبارت‌اند از: گسترش، گسترش فیزیکی، گسترش کالبدی، گسترش شهری، گسترش مکانی، رشد شهری و... . منظور از توسعه در شهرسازی بیشتر مفهوم گسترش، بسط و رشد مکانی است. گستردگی شهری معمولاً در توصیف گستردگی فیزیکی مناطق شهری استفاده می‌شود (هنیگ و همکاران، ۲۰۱٦، ص. ۲۰) و به رشد بیرونی مناطق شهری اشاره دارد. واژه گستردگی شهری (افقی) به معنای تصرف بی رویه از زمین، توسعه ناهمگن و استفاده ناکارآمد از زمین است که به توسعه ناموزون شهری معمولاً در اراضی آماده‌سازی‌نشده شهرها منجر می‌شود (طهماسبی مقدم و همکاران، ۱۳۹۷، ص. ۱۵۱). همچنین گستردگی نوعی از فرم توسعه شهری است که به‌وسیله تراکم کم، لکه‌ای، توسعه نواری و ناپیوسته مشخص شده است. گستردگی شهری اغلب به تغییرات کاربری زمین منجر می‌شود که ممکن است این تغییر در زمین‌های زراعی و باغات صورت پذیرد یا مراتع و جنگل‌ها و دامنه‌های کم‌وبیش شیب‌دار، کوه‌ها و تپه‌ها را در برگیرد. این تغییرات با خود مشکلات و مخاطرات زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی به همراه دارد. به‌صورت‌کلی، گسترش شهری بیشتر در

شهرها اتفاق می‌افتد و از بین رفتن فضاهای سبز، باغات و اراضی کشاورزی، تغییرات شدید کاربری‌ها، آلودگی هوا، خاک و منابع آب، فشار بر اکوسیستم و محیط‌زیست از بارزترین و مهم‌ترین مشکلات آن هستند (سامی و همکاران، ۱٤۰۱، ص. ۱۰۵۰). برای تبیین عوامل مؤثر بر گسترش شهری نظریه متفاوتی ارائه شده است. هرکدام از دانشمندان بر عوامل گوناگونی مانند اتفاق افتادن این پدیده در اراضی پیرامونی شهر، تحولات شهرنشینی، تفرق سیاسی، ویژگی‌های بستر و فضا و رشد محلی، توسعه سرریز و غیره تأکید می‌کنند (هاتفی ادرکانی و همکاران، ۱٤۰۲، ص. ۱۲۳)؛ اما یکی از دلایل اصلی گسترش شهری از نظر دانشمندان که در اصل تخریب اراضی را به دنبال داشته است و به کاهش تنوع زیستی منجر می‌شود، تراکم و افزایش جمعیت است. درواقع، افزایش جمعیت علت اولیه گسترش سریع شهرها محسوب می‌شود (جمالی و همکاران، ۱٤۰۰، ص. ۲۸۲). گستردگی فیزیکی و جمعیت همیشه با یکدیگر در ارتباط است؛ بنابراین گستردگی فیزیکی و رشد جمعیتی تا چند دهه پیش هماهنگ و متعادل بود. با بروز تحولات جدید، افزایش سریع جمعیت و گستردگی فیزیکی شتاب‌آمیز شهرها به صورت نامتعادل و ناهماهنگ بوده است. درحقیقت بین کاربری‌های شهری و اختصاص زمین و سرانه‌های شهری مناسب به هریک، تناسب معقولی برقرار نبوده است (نوری، ۱۹۷، ص. ۲۹)؛ بنابراین رشد روزافزون جمعیت و گسترش شهرها، محیط زندگی را بیش‌ازپیش دچار بحران کرده که درنتیجه اثرات زیان‌باری را برای انسان و محیط‌زیست او به همراه داشته است. (تیموری و همکاران، ۱۳۹۲، ص. ۱۸). امروزه نگاه به آینده روزبه‌روز در حال تکامل است و آینده‌پژوهی به‌عنوان یک علم، با نظریه‌ها، مکاتب و پارادایم‌های جدید نوعی رویکرد تکاملی را به مؤلفه‌ها و ابعاد مختلف آینده فراهم کرده است. آینده‌پژوهی واژه عامی است که وجه اشتراک بسیاری از شناخته‌ای علمی معطوف به آینده محسوب می‌شود (سیاح و اسدی، ۲۰۱۵، ص. ۱۵). آینده‌پژوهی مشتمل بر مجموعه تلاش‌هایی است که با استفاده از تجزیه‌وتحلیل منابع، الگوها و عوامل تغییر یا ثبات، به تجسم آینده‌های بالقوه و برنامه‌ریزی برای آن‌ها می‌پردازد. آینده‌پژوهی منعکس می‌کند که چگونه از دل تغییرات یا تغییر نکردن امروز، واقعیت فردا تولد می‌یابد (نصیرزاده و همکاران، ۲۰۱۵، ص. ۱).

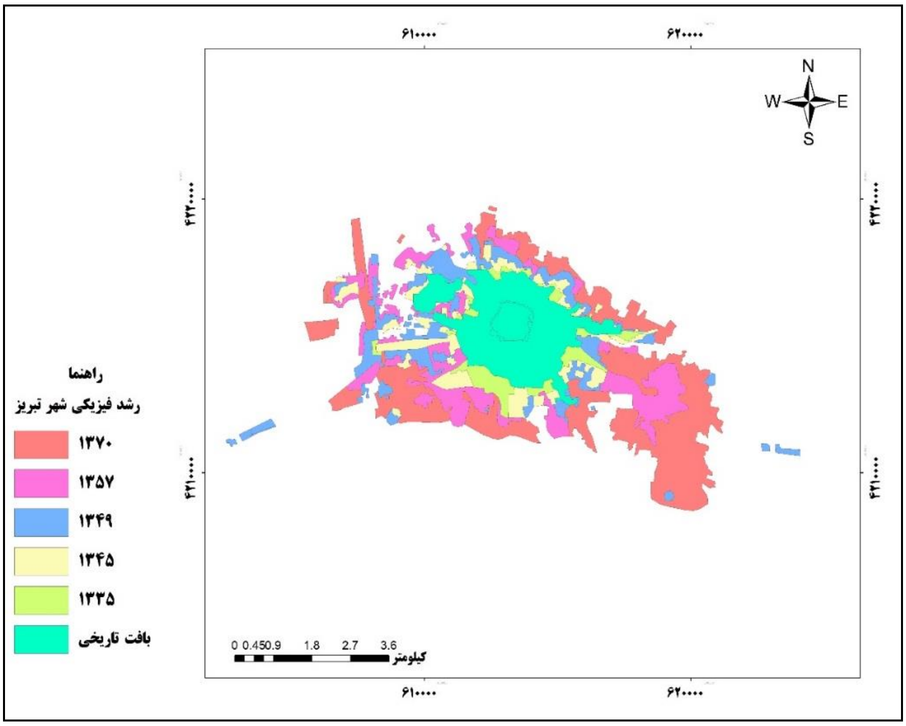
دولت‌ها از پیش‌بینی‌های جمعیتی در همه سطوح (ملی، منطقه‌ای، شهری، بین‌المللی) برای اهداف برنامه‌ریزی استفاده می‌کنند. هدف اساسی دولت، ارائه خدمات برای شهروندان است و این امر مستلزم دانستن تعداد افراد در آینده است که اغلب براساس سن، جنس و سایر ویژگی‌ها مانند نژاد و جغرافیا تقسیم می‌شوند. پیش‌بینی‌های جمعیتی اظهارنظرهایی مشروط درباره آینده هستند. روش‌های سنتی پیش‌بینی جمعیت، سناریوهایی قطعی را مدنظر دارند، اما پیش‌بینی‌های احتمالی ارزیابی تغییرات و تصمیم‌گیری‌های مرتبط با ریسک مدنظر است (رافتری و سوچیکووا[1]، ۲۰۲۳، ص. ۸٦٦).

۵. یافته‌های تحقیق

۵. ۱. رشد فیزیکی شهر از سال ۱۳۳۵ تا سال ۱۳۷۰

شهر تبریز به‌عنوان مرکز استان آذربایجان شرقی و با توجه به ویژگی‌های خاص خود در دهه‌های اخیر، دارای تحولات زیادی درزمینه های کالبدی شهر بوده است. این شهر با شهرستان‌های اطراف مرزهای مشترکی دارد که از لحاظ سیاسی، رشد و توسعه شهر را تحت‌تأثیر قرار داده است. همچنین شهر تبریز از لحاظ طبیعی و موانع انسانی اطراف شهر دچار محدودیت‌های برای رشد است؛ موانعی مانند مراکز صنعتی بزرگ در اطراف شهر، مراکز نظامی، مرز شهرستان‌ها بخش‌هایی مانند باسمنج که در سال ۱٤۰۰ محدودیت‌های شهر تبریز را بیشتر کرده‌اند. از طرف دیگر، موانع طبیعی نیز رشد و توسعه شهر تبریز را تحت‌تأثیر قرار داده است؛ چنانکه ٦٦/٦ درصد از اراضی هموار در پهنه‌های کم ارتفاع شهر که در ارتفاع کمتر از ۱٤۰۰ متر هستند، واقع شده‌اند. همچنین ٤۹/۱ درصد از اراضی که در ارتفاع بالاتر از ۱۷۰۰ متر قرار دارند، دارای اراضی ناهموار با شیب ۱۵ تا ٤۵ درصد هستند. این مقدار به انضمام اراضی کاملاً ناهموار و با شیب بسیار تند حدود ٦۰/۹ درصد از کل اراضی بالاتر از ۱۷۰۰ متر را شامل می‌شود.

1. Raftery & Ševčíková

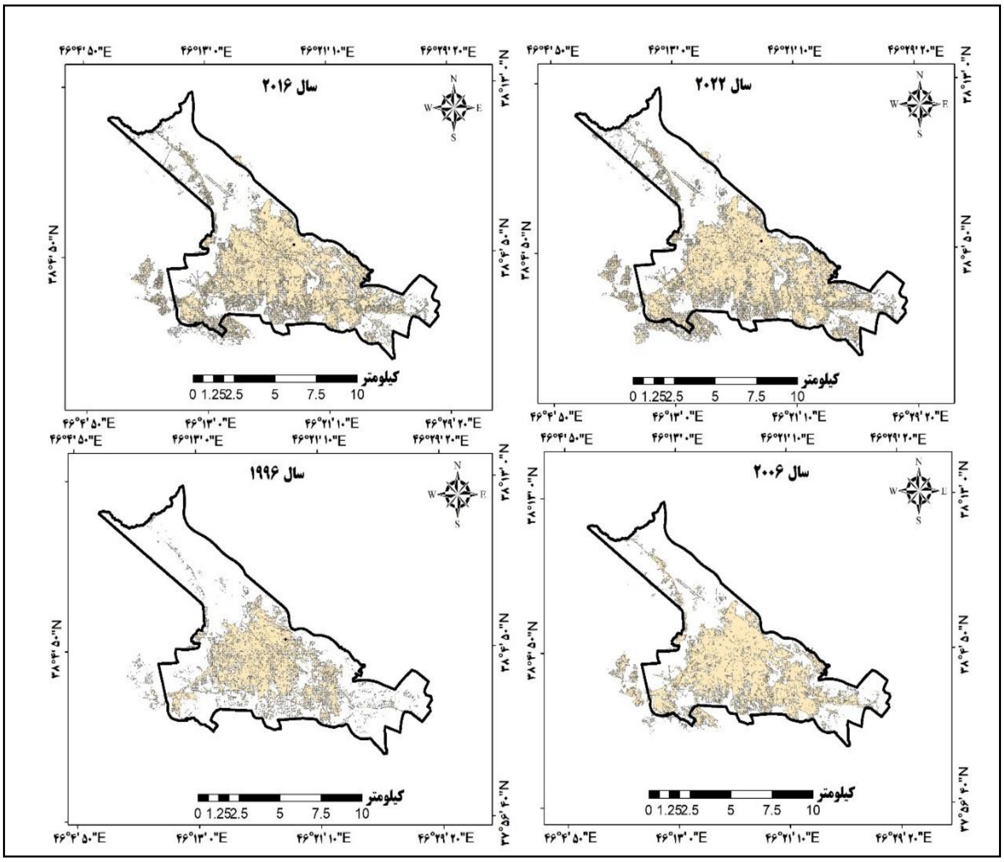


شکل ۲. رشد فیزیکی شهر تبریز از ۱۳۳۵ تا ۱۳۷۰

مأخذ: ترسیم نگارندگان،۱۴۰۲

۵. ۲. رشد فیزیکی شهر از ۱۳۷۵ تا سال ۲۰۲۲

بیشترین رشد افقی شهر تبریز در بین سال‌های ۱۳۷۵ تا سال ۱۳۸۵ بوده است. مساحت ساخته‌شده در سال ۱۳۷۵ برابر با ۷۹۷۸ هکتار بوده که در سال ۱۳۸۵ به ۱۰۲۶۱ هکتار رسیده است. در سال ۱۳۹۵ مساحت شهر تبریز به ۱۱۹۱۲ هکتار رسیده و جمعیت به ۱۵۵۸۶۹۳ نفر رسیده که ۱۶۰۶۳۳ نفر افزایش داشته است. جمعیت در این ده سال حدود ۲۰۷ هزار نفر افزایش داشته است. درنهایت مساحت شهر تبریز در سال ۱۴۰۱ به ۱۲۶۵۱ هکتار رسیده است و طبق پیش‌بینی جمعیتی جمعیت در سال ۲۰۲۲ شهر تبریز ۱۶۲۶۶۴۴ نفر بوده که جمعیت در این بازه زمانی حدود ۶۸ هزار نفر افزایش داشته است.



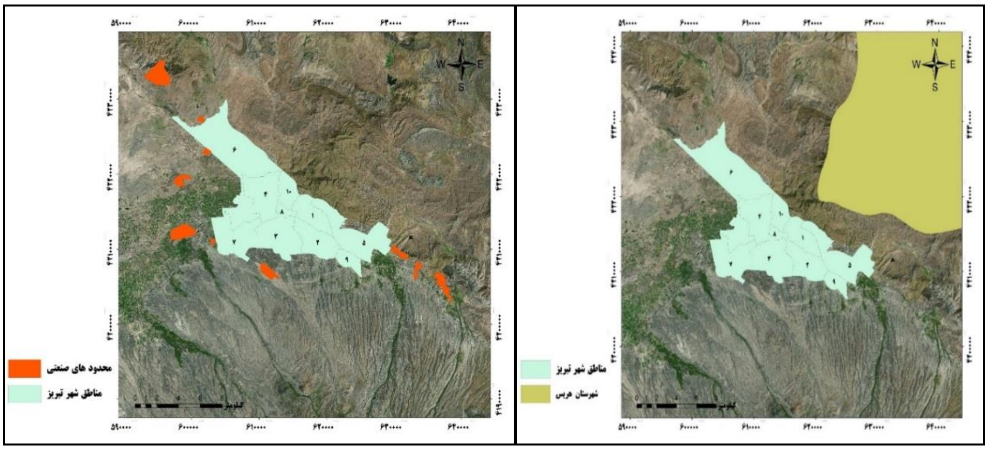
شکل ۳. توسعه فیزیکی شهر تبریز در سال‌های ۱۹۹٦ تا ۲۰۲۲

مأخذ: ترسیم نگارندگان،۱٤۰۲

۵. ۳. موانع گسترش فیزیکی شهر تبریز

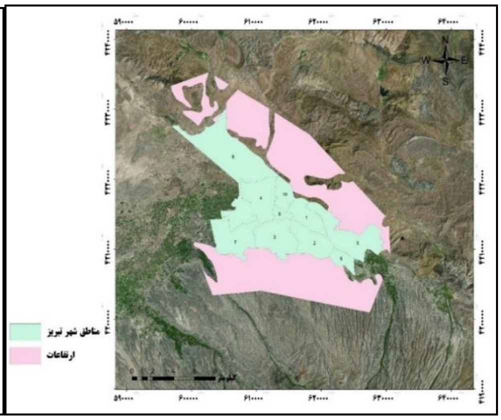
در این پژوهش، موانع انسانی و طبیعی که رشد فیزیکی شهر تبریز را محدود می‌کنند، بررسی شده است. اصلی‌ترین مانع توسعه شهر را می‌توان کوهستان‌های اطراف و شیب‌های تند در اطراف شهر تبریز دانست. علاوه بر این، عوامل سیاسی مانند مرزهای شهرستان‌های شبستر و هریس نیز محدودکننده توسعه هستند. در کل می‌توان گفت که مرز سیاسی شهرستان هریس و کوهستان‌های سمت شرق شهر تبریز عوامل محدودکننده شهر در جهت شرقی هستند. بخش جدید باسمنج نیز در قسمت‌های جنوبی، شرقی و غربی مناطق ۵ و ۹، عامل محدوده‌کننده جدیدی است که شهر تبریز را در این جهات با محدودیت توسعه فیزیکی

مواجـه کـرده اسـت. شهرسـتان خسـرو شـاه و سـرود رود نیـز در سـمت‌هایی از غـرب محدودیت‌های توسعه را رقم زده‌اند. مرز شهرستان شبستر نیز در شمال و شمال غرب منطقـه ٦ محدودیت توسعه را ایجاد کرده است. علاوه بر موارد ذکرشده، وجود صنایع بزرگ و مرکـز نظامی در اطراف شهر تبریز باعث محدودیت توسعه فیزیکی شده است. همه این عوامل باعث شده است تا شهر تبریز جهت توسـعه محـدودیت‌های خـاص خـود را داشـته باشـد. در ایـن پژوهش جهت مسیریابی صحیح از لایه اطلاعاتی راه‌های ارتباطی و نقشـه DEM منطقـه نیـز استفاده شده اسـت. تمـامی لایـه‌های ذکرشـده در نرم‌افـزار TerrSet آماده‌سـازی شـده و در مدل‌سازی جهت توسعه مناسب شهر تبریز استفاده شده‌اند.

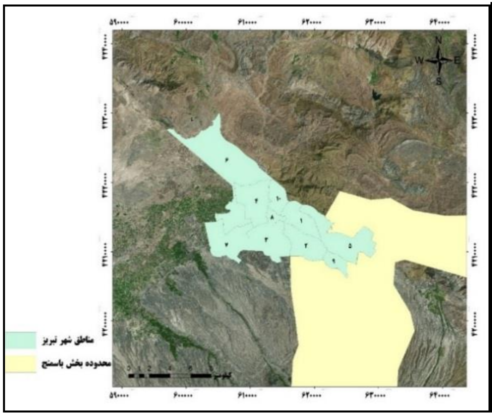


شکل ٤. محدودیت توسعه شهر تبریز نسبت به شهرستان هریس صنایع بزرگ اطراف شهر تبریز

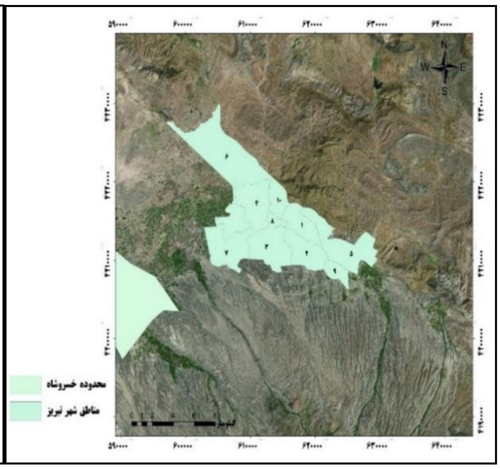
مأخذ: ترسیم نگارندگان،١٤٠٢



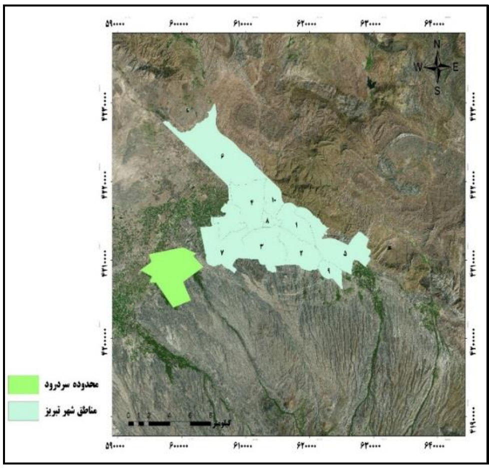
شکل ۵. ارتفاعات کوهستانی اطراف شهر تبریز



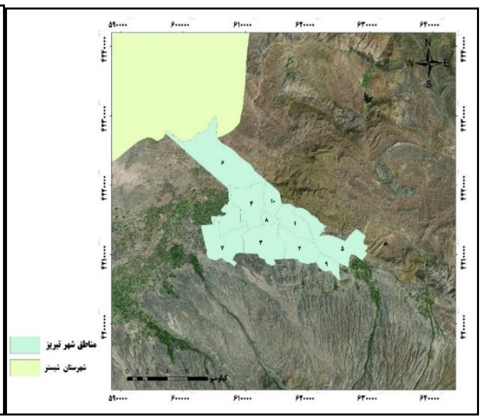
شکل ٦. محدوده بخش باسمنج



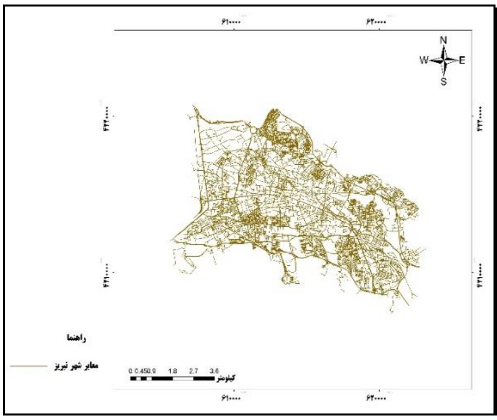
شکل ۷. محدوده شهرستان خسروشاه



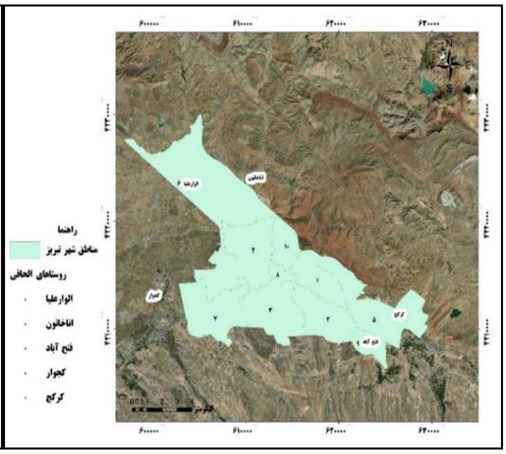
شکل ۸. محدوده شهرستان سردرود



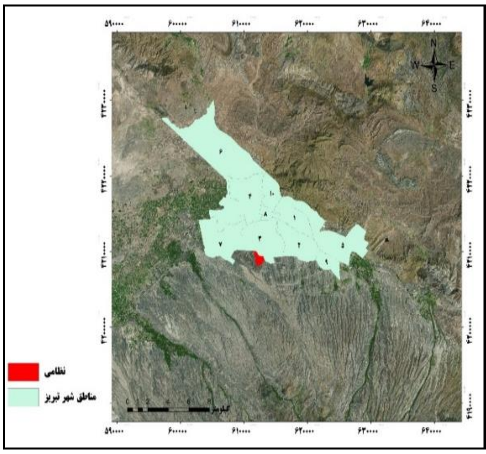
شکل ۹. محدوده شهرستان شبستر



شکل ۱۰. راه‌های ارتباطی شهر تبریز



شکل ۱۱. محدوده مناطق شهر تبریز

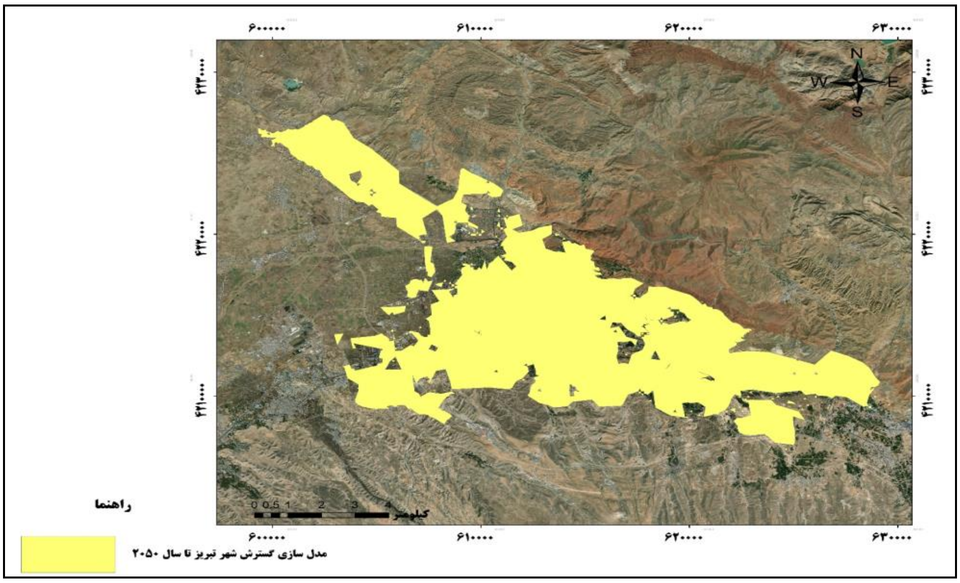


شکل ۱۲. محدوده نظامی شهر تبریز

مأخذ: ترسیم نگارندگان،١٤٠٢

٥. ٤. مدل‌سازی جهت گسترش شهر

مدل‌سازی جهت گسترش شهر تبریز با روش LCM انجام شده است. با توجه به نقشه نهایی این مدل‌سازی مشخص شد که بیشترین رشد در جهات شرقی، شمال غرب و غرب رخ خواهد داد. قسمت شمال غربی که فرودگاه تبریز نیز در این قسمت قرار دارد و قسمت زیادی از صنایع تبریز نیز در این منطقه قرار گرفته است، رشد زیادی را نشان می‌دهد. درمجموع، وسعت مناطق ساخته‌شده شهر تبریز در سال ١٤٣٠ به ١٨١٩٦ هکتار خواهد رسید. در بین مناطق شهری تبریز، بیشترین درصد رشد فیزیکی شهر در منطقه ٦ و کمترین در منطقه ٨ خواهد بود.



شکل ۱۳. مدل‌سازی گسترش شهر تبریز تا سال ۱۴۳۰ با روش LCM

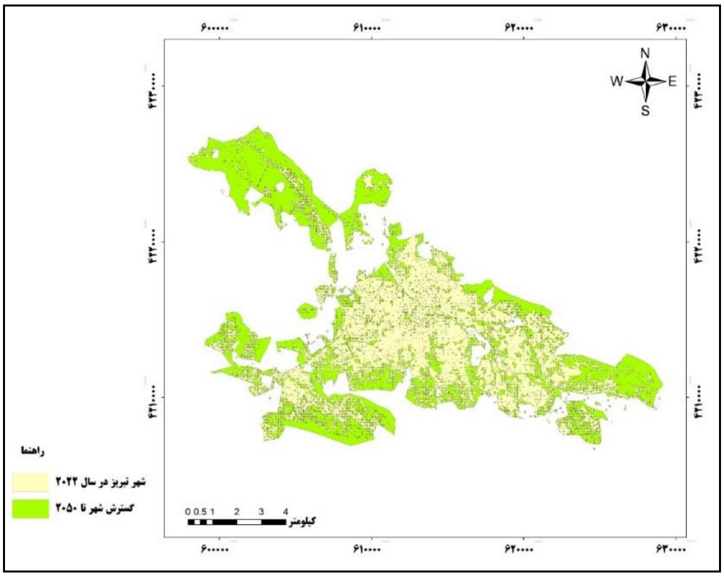
مأخذ: ترسیم نگارندگان،۱٤۰۲

درمجموع وسعت مناطق ساخته‌شده شهر تبریز در سال ۱٤۳۰ به ۱۸۱۹٦ هکتار خواهد رسید. در بین مناطق شهری تبریز، بیشترین درصد رشد فیزیکی شهر در منطقه ٦ و کمترین در منطقه ۸ خواهد بود.

جدول ۲. مساحت اضافه‌شده به مناطق ده‌گانه تبریز از سال ۱۳۹۵ تا سال ۱٤۳۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱٤۰۲

منطقه	مساحت (هکتار)	درصد	منطقه	مساحت (هکتار)	درصد
منطقه ۱	۳٤۸	۵/۵۵۲۰۱	منطقه ٦	۲۰۵۵	۳۲/۷۸۵۵۸
منطقه ۲	٤۵۰	۷/۱۷۹۳۲٤	منطقه ۷	۷۱۹	۱۱/٤۷۰۹٦
منطقه ۳	۷۱۹	۱۱/٤۷۰۹٦	منطقه ۸	۳۹	۰/٦۲۲۲۰۸
منطقه ٤	۳۵۱	۵/۵۹۹۸۷۲	منطقه ۹	۲۵۷	٤/۱۰۰۱۹۱
منطقه ۵	۱۱۹٤	۱۹/۰٤۹۱٤	منطقه ۱۰	۱۳٦	۲/۱٦۹۷۵۱



شکل ۱۳. تطبیق جمعیت و توسعه فیزیکی شهر

مأخذ: ترسیم نگارندگان، ۱٤۰۲

۵. ۵. سناریوهای جمعیتی

برای پیش‌بینی جمعیت از روش ترکیبی (مؤلفه‌ای-نسلی) و نرم‌افزار اسپکتروم ٦ استفاده شده است. سازمان ملل نیز به کشورها توصیه می‌کند از این روش به‌عنوان روش «استاندارد طلایی» در برآورد و پیش‌بینی‌های آمارهای رسمی خود استفاده کنند. امروزه روش ترکیبی بیش از هر روش دیگری برای پیش‌بینی جمعیت به کار می‌رود. در این روش، جمعیت پیش‌بینی‌شده براساس مجموعه عوامل مؤثر بر تغییر و تحول جمعیت به دست می‌آید. این عوامل عبارت‌اند از: باروری، مرگ‌ومیر، مهاجرت و ترکیب سنی و جنسی جمعیت. ازآنجاکه در این روش، جمعیت برحسب سن و جنس پیش‌بینی می‌شود، می‌تواند به نیازهای وسیع و متعدد پیش‌بینی‌ها و برآوردهای جمعیتی پاسخ دهد. برای دقیق‌ترشدن پیش‌بینی جمعیت، مرگ‌ومیر ناشی از همه‌گیری ویروس کرونا نیز در تحلیل‌ها آورده شده است. برای پیش‌بینی جمعیت شهر تبریز تا افق ۱٤۳۰، پنج سناریو در نظر گرفته شد:

- کاهش باروری تا ۱/٤ فرزند؛
- کاهش شیب ملایم باروری تا ۱/٦ فرزند؛

- تثبیت باروری ۱/۸ فرزند؛
- افزایش باروری تا سطح جانشینی ۲ فرزند؛
- افزایش باروری تا بالاتر از سطح ۲/۲ فرزند.

با توجه به اینکه سطح باروری ۱/۸ برای سال ۱۳۹۵ شهر تبریز است و اطلاعات سطح باروری در این شهر در حال حاضر وجود ندارد، برای بررسی وضعیت سناریوها و انتخاب دقیق‌تر یک سناریو، وضعیت باروری استان آذربایجان در سال ۱۳۹۸ در مقایسه با سال ۱۳۹۵ مقایسه شد. باوری در استان آذربایجان شرقی همانند شهر تبریز در سال ۱۳۹۵ برابر با ۱/۸ بوده که در سال ۱۳۹۸ باروری به ۱/٦ رسیده است که نشان‌دهنده کاهش باروری در سطح استان است. به دلیل خارج شدن جمعیت جوان دهه شصت می‌توان پیش‌بینی کرد که این روند همچنان با کاهش روبه‌رو خواهد بود. از طرفی استان آذربایجان شرقی طی ۵۰ سال گذشته بیشترین مهاج فرستی را در میان تمامی مناطق کشوری داشته است. (بیک محمدی و حاتمی، ۲۰۱۱) و طبق اطلاعات مهاجرت شهر تبریز در سال ۱۳۹۵ تعداد ۲۰۷۳٤ نفر مهاجر فرستی داشته است؛ بنابراین کاهش باروری تا سطح ۱/٤ می‌تواند واقع‌بینانه‌تر باشد. اطلاعات مهاجرت شهر تبریز و پیش‌بینی آن تا سال ۱٤۳۰ در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳. مهاجرت و پیش‌بینی آن از سال ۱۳۹۵ تا سال ۱٤۳۰

مأخذ: یافته های پژوهش، ۱٤۰۲

۷۵–۸۵	٦۷٦۲۲–	۱٤۰۵–۱٤۱۰	۱٤٤۸۳–
۸۵–۹۰	۱۵٦۵۲	۱٤۱۰–۱٤۱۵	۱۱٦۲۲–
۹۰–۹۵	۳۸۰۳٤–	۱٤۱۵–۱٤۲۰	۹۳۲۵/۷–
۹۵–۱٤۰۰	۲۲٤۹٤–	۱٤۲۰–۱٤۲۵	۷٤۸۳–
۱٤۰۰–۱٤۰۵	۱۸۰۵۰–	۱٤۲۵–۱٤۳۰	٦۰۰٤–

به‌طورکلی می‌توان دلایل زیر را برای انتخاب سناریو کاهش باروری تا ۱/٤ را مطرح کرد:

۵. ۵. ۱. در سطح کلان و کشوری

- روند نزولی رشد جمعیت در کشور از ۳/۱۳ در سال ۱۳٤۵ به ۱/۲٤ در سال ۱۳۹۵ (مرکز آمار ایران)؛
- میانگین سن در اولین ازدواج زنان از ۱۸٫٤ سال در سال ۱۳٤۵ به ۲۳٫٤ سال در سال ۱۳۹۰ (پژوهشکده آمار ایران)؛
- افزایش میزان تجرد قطعی برای هر دو جنس از سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۵ – از ٦/۳ درصد در سال ۱۳۷۵ به ۱۲ درصد در سال ۱۳۹۵ (پژوهشکده آمار ایران)؛
- تأثیر شرایط اقتصادی بر کاهش نرخ باروری (مقصودپور، ۲۰۱۵)؛
- کاهش ٤٤ هزارنفری متولدین در ۱۰ ماه اول سال ۱٤۰۱ در مقایسه با سال ۱٤۰۰ (سازمان ثبت‌احوال کشور).

۵. ۵. ۲. در سطح استان و شهرستان

- روند نزولی باروری استان از ۱۸ در سال ۱۳۹۵ به ۱/٦ در سال ۱۳۹۸ (سالنامه آماری سال ۱۳۹۸ استان آذربایجان شرقی)؛
- مهاجرفرست بودن استان آذربایجان شرقی و شهر تبریز (ثبت‌احوال استان آذربایجان شرقی).

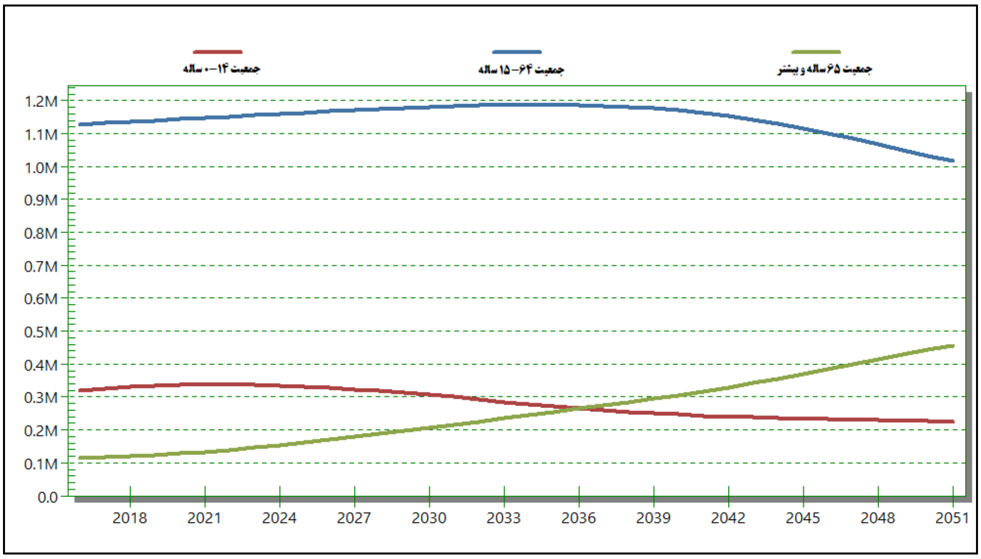
برای پیش‌بینی دقیق‌تر جمعیت در نرم‌افزار اسپکتروم، میزان مرگ‌ومیرهای کرونایی نیز محاسبه شد. ازآنجاکه آمار دقیقی از کرونا در شهرها وجود ندارد، با بررسی مرگ‌ومیرها در سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱٤۰۰ در شهر تبریز در مقایسه با هشت سال گذشته، میزان افزایش مرگ‌ومیر در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱٤۰۰ به‌عنوان مرگ‌ومیر بیماری کرونا محسوب شده است. در جدول ۲، میزان مرگ‌ومیر ده‌ساله شهر تبریز آورده شده است. نمودار مرگ‌ومیر افزایش مرگ‌ومیر در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱٤۰۰ را به‌خوبی نمایش می‌دهد.



شکل ١٤. میزان مرگ‌ومیر در شهر تبریز

مأخذ: ترسیم نگارندگان، ١٤٠٢

با توجه به موارد ذکرشده، سناریو باروری ١/٤ واقع‌بینانه‌تر است؛ بنابراین این سناریو پایه تحلیل‌های جمعیتی در این پژوهش بوده است و محتمل‌ترین سناریو برای پیش‌بینی شهر تبریز است. در شکل ١، روند تغییرات جمعیتی شهر تبریز نمایش داده شده است. با سناریو باروری ١/٤ جمعیت شهر تبریز تا سال ١٤٣٠ به ١,٦٩٦,٣٥٦ می‌رسد. از این جمعیت ٢٢٤,٩٦٣ نفر کمتر از سال، ١,٠١٦,٣٩٦ نفر بین ١٥ تا ٦٤ سال و ٤٥٤,٩٩٥ نفر بیشتر از ٦٥ سال خواهند داشت. نمودار، رشد فزاینده جمعیت کهن‌سال و کاهش جمعیت کمتر از ١٤ سال را نشان می‌دهد و جمعیت ١٥ تا ٦٤ نیز کاهشی خواهد بود. گفتنی است که با تمامی سناریوهای جمعیتی، جمعیت کهن‌سال بیشتر از ٦٥ سال این رشد را خواهد داشت.



شکل ۱۵. پیش‌بینی جمعیت و ساختار سنی تا سال ۱٤۳۰

مأخذ: ترسیم نگارندگان،۱٤۰۲

جهت پیش‌بینی جمعیت شهر تبریز، روستاهایی که بعد از سال ۱۳۹٥ پایه پیش‌بینی جمعیت بودند نیز محاسبه شده و جمعیت آن‌ها به شهر تبریز اضافه شده است. روستاهای الحاقی عبارت‌اند از الوار علیا، فتح‌آباد، آناخاتون، کجوار و کرکج که ۲٦۱٦۲ نفر در سال ۱۳۹٥ جمعیت داشتند و با توجه به رشد جمعیت تبریز تا سال ۱٤۳۰ جمعیت این روستاها نیز تخمین زده شده و به جمعیت نهایی تبریز در سال ۱٤۳۰ اضافه شده است؛ بنابراین جمعیت تبریز تا سال ۱٤۳۰ طبق پیش‌بینی برابر با ۱۷۲٤۸۲۹ نفر خواهد بود.

جدول ٤. روستاهای الحاقی تبریز بعد از سال ۱۳۹۷

مأخذ: مرکز آمار آذربایجان شرقی، ۱۳۹٥

نام روستا	سال ۱۳۳٥	سال ۱۳۸٥	سال ۱۳۹۰	سال ۱۳۹٥	جمعیت پیش‌بینی‌شده ۱٤۳۰
الوار علیا	۳٤۲	۱۳۰۹	۱۱٤۲	۱۷٦۱	۱۹۱۷
فتح‌آباد	٤٦٥	۱٦۱۰	۱۹۲۱	۱٦۱٦	۱۷٥۹
آناخاتون	۳۳٤	۲۰٥۲	٦۸۱۲	۸۲۸۸	۹۰۲۰
کجوار	۱٤۱۳	٥٦٦۱	٥۹٦٥	٦۰۰۱	٦٥۳۱
کرکج	٥۳۱	۸۲۲۸	۸۹۳۱	۸٤۹٦	۹۲٤٦

۶. بحث

آنچه در مدل‌سازی توسعه شهری معمولاً نادیده گرفته می‌شود، میزان جمعیت اضافه‌شده به شهر است که براساس آن میزان افزایش مساحت شهر در نظر گرفته شود. با بررسی مساحت‌های ساخته‌شده در شهر تبریز از سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۴۰۱ میزان هر ده سال افزایش جمعیت و افزایش مساحت محاسبه شده است. در سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۵، به‌ازای هر ۹۰ نفر اضافه به شهر تبریز یک هکتار شهر توسعه پیدا کرده است. این عدد برای سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ برابر با ۹۷ نفر بوده و برای سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۱ نیز حدود ۹۲ نفر در برابر هر هکتار بوده که به ۹۳ نفر افزایش جمعیت یک هکتار زمین به شهر اضافه شده است. با توجه به محاسبه و پیش‌بینی، جمعیت شهر تبریز تا سال ۱۴۳۰ حدود ۱۷۲۴۸۲۹ نفر خواهد رسید. طبق میزان افزایش سال‌های ۱۳۷۵ تا سال ۱۴۰۲ میزان افزایش مساحت نیز ۱۰۵۲ هکتار خواهد بود. طبق مدل‌سازی رشد شهری به روش LCM، مساحت شهر تبریز در سال ۱۴۳۰ به ۱۸۹۱۹ هکتار خواهد رسید که با توجه به رشد ۴۳۵۶۰۱ نفری جمعیت در این بازه منطقی به نظر می‌رسد، اما با مقایسه جمعیت پیش‌بینی‌شده و کاهش رشد جمعیت باید انتظار داشت که تنها ۱۰۵۲ هکتار تا سال ۱۴۳۰ به شهر تبریز اضافه شده باشد. باید توجه داشت، درنظرنگرفتن رشد جمعیت در برآورد میزان توسعه شهری در اکثر پژوهش‌های انجام‌شده نادیده گرفته شده که یکی از نقاط ضعف این پژوهش‌ها بوده است؛ زیرا جمعیت محرک تغییرات در شهر است و اصلی‌ترین عامل هر برنامه‌ریزی در شهر را جمعیت مشخص می‌کند.

۷. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

زمین، کالای ارزشمندی است که ارزش آن در این زمان و زمان‌های دیگر بر کسی پوشیده نیست؛ به‌خصوص در شهری مانند تبریز که قسمت وسیعی از جهات توسعه آن را موانع طبیعی و انسانی تشکیل داده است. در دهه‌های اخیر به دلیل رشد زیاد جمعیت نیاز به مکان برای ساخت‌وسازها، به‌خصوص ساخت‌وسازهای شهری بیشتر شده است، اما رشد جمعیت در اکثر شهرهای ایران به دلیل کاهش زادوولد پیش‌بینی می‌شود که از تب‌وتاب رشد شهری بکاهد و در استفاده از مدل‌سازی‌های ماشینی و هوش مصنوعی جهت گسترش شهر باید

جمعیت به‌عنوان مهم‌ترین عامل رشد و توسعه فیزیکی شهر مدنظر قرار گیرد. استفاده از مدل‌های توسعه شهری می‌تواند در مشخص کردن جهت توسعه کمک شایانی کند، اما گسترش جهت با محدودیت‌های انسانی و طبیعی مواجه خواهد بود که بدون توجه به این موانع قطعاً دید کاملی جهت رشد شهر نخواهیم داشت. بیشترین رشد افقی شهر تبریز در بین سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۵ بوده است. مساحت ساخته‌شده در سال ۱۳۷۵ برابر با ۷۹۷۸ هکتار بوده که در سال ۱۳۸۵ به ۱۰۲٦۱ هکتار رسیده است. در سال ۱۳۹۵ مساحت شهر تبریز به ۱۱۹۱۲ هکتار رسیده و جمعیت به ۱۵۵۸٦۹۳ نفر رسیده که ۱٦۰٦۳۳ نفر افزایش داشته است. جمعیت در این ده سال حدود ۲۰۷ هزار نفر افزایش داشته است. درنهایت مساحت شهر تبریز در سال ۱٤۰۱ به ۱۲٦۵۱ هکتار رسیده است و طبق پیش‌بینی جمعیتی، جمعیت در سال ۲۰۲۲ شهر تبریز ۱٦۲٦٦٤٤ نفر بوده که جمعیت در این بازه زمانی حدود ٦۸ هزار نفر افزایش داشته است.

با توجه به بررسی تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۹۹٦ تا ۲۰۲۲، جهت گسترش شهر مشخص می‌شود، اما موانع طبیعی و انسانی شهر می‌تواند جهت گسترش شهر را در آینده تغییر دهد و کاهش رشد افزایش جمعیت نیز نقش محدودکننده خود را نشان خواهد داد. با توجه به نقشه نهایی مدل‌سازی شهر تبریز، بیشترین رشد در جهات شرقی، شمال غرب و غرب رخ خواهد داد. قسمت شمال غربی که فرودگاه تبریز نیز در این قسمت قرار دارد و قسمت زیادی از صنایع تبریز نیز در این منطقه قرار دارد، رشد زیادی را نشان می‌دهد. درمجموع، وسعت مناطق ساخته‌شده شهر تبریز در سال ۱٤۳۰ به ۱۸۱۹٦ هکتار خواهد رسید. در بین مناطق شهری تبریز، بیشترین درصد رشد فیزیکی شهر در منطقه ٦ و کمترین در منطقه ۸ خواهد بود. باید در نظر داشت که با توجه به پیش‌بینی‌ها، جمعیت شهر تبریز تا سال ۱٤۳۰ به ۱,٦۹٦,۳۵٦ می‌رسد. جهت پیش‌بینی جمعیت شهر تبریز، روستاهایی که بعد از سال ۱۳۹۵ که پایه پیش‌بینی جمعیت بوده نیز محاسبه شده است و جمعیت آن‌ها به شهر تبریز اضافه شده است. روستاهای الحاقی عبارت‌اند از الوار علیا، فتح آباد، آناخاتون، کجوار و کرکج که ۲٦۱٦۲ نفر در سال ۱۳۹۵ جمعیت داشته‌اند و با توجه به رشد جمعیت تبریز تا سال ۱٤۳۰ جمعیت این روستاها نیز تخمین زده شده و به جمعیت نهایی تبریز در سال ۱٤۳۰ اضافه شده است؛

بنابراین جمعیت تبریز تا سال ۱٤۳۰ طبق پیش‌بینی برابر با ۱۷۲٤۸۲۹ نفر خواهد بود. آنچه در مدل‌سازی توسعه شهری معمولاً نادیده گرفته می‌شود، میزان جمعیت اضافه‌شده به شهر است که براساس آن، میزان افزایش مساحت شهر در نظر گرفته شود. با بررسی مساحت‌های ساخته‌شده در شهر تبریز از سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱٤۰۱ میزان هر ده سال افزایش جمعیت و افزایش مساحت محاسبه شده است. در سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۵ به ازای هر ۹۰ نفر اضافه به شهر تبریز، یک هکتار شهر توسعه پیدا کرده است. این عدد برای سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ برابر با ۹۷ نفر بوده و برای سال‌های ۱۳۹۵ تا سال ۱٤۰۱ نیز حدود ۹۲ نفر در برابر هر هکتار بوده است که به ۹۳ نفر افزایش جمعیت یک هکتار زمین به شهر اضافه شده است. با توجه به محاسبه و پیش‌بینی، جمعیت شهر تبریز تا سال ۱٤۳۰ حدود ۱۷۲٤۸۲۹ نفر خواهد رسید. طبق میزان افزایش سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱٤۰۲ میزان افزایش مساحت نیز ۱۰۵۲ هکتار خواهد بود. نتایج پژوهش حاضر با پژوهش‌های هانون و همکاران (۲۰۲۳)، کیم و همکاران (۲۰۲۲)، رانا و سرکار (۲۰۲۱) و یورانگ و همکاران (۲۰۱۹)، اکبری و همکاران (۱٤۰۲)، اسفنده و همکاران (۱٤۰۰) و ارخی (۱۳۹۳) که در مطالعات خود به پیش‌بینی رشد شهری و گسترش فیزیکی شهرها در آینده اشاره کرده‌اند، همسوست.

کتابنامه

۱. ارخی، صالح. (۱۳۹۳). پیش‌بینی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی با استفاده از مدل LCM در محیط GIS (مطالعه موردی: منطقه سرابله). *تحقیقات حمایت و حفاظت جنگل‌ها و مراتع ایران*، *۱۲*(۱)، ۱-۱۹.

۲. اسفنده، س.، دانه‌کار، ا.، و سلمان ماهینی، ع. ر. (۱٤۰۰). شبیه‌سازی و پیش‌بینی الگوی رشد شهری تا سال ۲۰۵۰ با استفاده از مدل SLEUTH-3R مطالعه موردی: ناحیه ساحلی شهرستان پارسیان. *محیط‌شناسی*، *٤۷*(۱)، ٦٥-۸۸.

۳. اکبری، ع.، اسکندری ثانی، م.، و اسماعیل‌نژاد، م. (۱٤۰۲). شبیه‌سازی و پیش‌بینی الگوی رشد شهری تا سال ۱٤۳۰ با استفاده از مدل SLEUTH-3R (مطالعه موردی: شهر زاهدان)، *جغرافیاوتوسعه ناحیه‌ای*، *۲۱*(۱)، ۱۰۵-۱٤۲.

۴. پریزادی، ط.، میرزازاده، ح.، اصغری، ر.، و کریمی، ع. ل. (۱۴۰۱). بررسی الگوی توسعه فیزیکی شهر با رویکرد توسعه میان افزا (موردی: شهر میاندوآب). *پژوهش‌های جغرافیای انسانی، ۵۴*(٤)، ۱۳۲۱-۱۳۰۳.

۵. تیموری، ا.، ربیعی‌فر، و.، هادوی، ف.، و هادوی، م. ر. (۱۳۹۲). ارزیابی و پیش‌بینی گسترش افقی شهر قزوین با تأکید بر تغییرات کاربری اراضی. *فصلنامه اقتصاد و مدیریت شهری، ۵*(٤)، ۱۷-۲۷.

۶. جمالی، ر.، شمس‌الدینی، ع.، و پیوسته‌گر، ی. (١٤٠٠). تبیین و تحلیل شهرهای بندرگاهی، روند شکل‌گیری و الگوی کالبدی (موردی: کنگان). *فصلنامه دانش شهرسازی، ۵*(۳)، ۲۸۱-۲۹۵.

۷. حسینی‌خواه، ح.، و زنگی‌آبادی، ع. (١٣٩٦)، تحلیل روند) و نحوه گسترش شهرهای سیاسی- اداری ایران (موردی: شهر یاسوج). *فصلنامه جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۲۸* (٦٨)، ١٤٤-١٦٤.

۸. سالنامه آماری. (۱۳۹۸). *استان آذربایجان شرقی*. بازیابی از https://www.amar.org.ir

۹. سامی، ا.، کرباسی، پ.، کریمی، پ.، و سنگین‌آبادی، م. (١٤٠١). ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات فضایی و روند رشد شهری با استفاده از سنجش دور (موردی: شهر قروه). *فصلنامه مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی، ۱۷* (٦)، ١٠٤٩-١٠٦١.

۱۰. سیاح مفضلی، ا.، و اسدی، ع. ر. (١٣٩٥). بررسی ساختارهای فکری و مفاهیم کلیدی در آینده‌پژوهی و ارائه چارچوب اجرای مطالعات آینده‌پژوهی. *آینده‌پژوهی مدیریت*، ٢٦ (١)، ١٥-٢٦.

۱۱. طهماسبی مقدم، ح.، قائدرحمتی، ص.، و شاهرخی‌فر، ز. (١٣٩٧)، ارزیابی تطبیقی گستردگی شهری با تأکید بر تغییرات کاربری اراضی طی دوره ٢٠١٦-١٩٨٧ (موردی: شهرهای آمل و بابل). *فصلنامه جغرافیا و آمایش شهری، ۲۷*، ١٤٩-١٦٦.

۱۲. عبیات، م.، عبیات، م.، و عبیات، م. (١٤٠٠). مدل‌سازی روند تغییرات زمانی ـ مکانی کاربری اراضی و توسعهٔ شهری اهواز مبتنی بر رویکرد آمایشی. *مجله علمی آمایش سرزمین، ۱۳* (۱)، ۲۱۵- ٢٤٥.

۱۳. محمدیاری، ف.، میرسنجری، م.، و زرندیان، ا. (١٤٠٠)، ارزیابی و مدل‌سازی اثرات گسترش شهری بر الگوهای سیمای سرزمین در کلان‌شهر کرج. *فصلنامه آمایش سرزمین، ۱۳* (۱)، ١٤١- ١٦٦.

۱۴. مشکینی، ا.، و تیموری، ا. (١٣٩٥)، سنجش گستردگی شهری و تأثیر آن بر تغییرات کاربری اراضی با استفاده از RS و GIS (مطالعه موردی: شهر کرج). *فصلنامه معماری و شهرسازی آرمان‌شهر، ۱۷* (۲)، ۲۷۵-۳۸۸.

۱۵. مقصودپور، م.ع. (۱۳۹٤). عوامل مؤثر بر کاهش نرخ باروری در ایران از دیدگاه اقتصاد در دوره زمانی ۹۵-۱۳۹٤. *ماهنامه بررسی مسائل و سیاست های اقتصادی*، *۱۵*(۵)، ۸۳-۱۰۰.
۱۶. نصیرزاده، ا.، فلاح، م.، و تیمورزاده، و. (۲۰۱۵). ارائه روش جدید مبتنی بر الگوریتم‌های یادگیری برای پردازش داده جهت اتخاذ راهکارهای آینده‌پژوهی در آموزش عالی. *آینده‌پژوهی مدیریت*، *۱۰۳*، ۱٤-۱.
۱۷. نوری، م. (۱۳۹۷). ارزیابی مطلوبیت پیاده راه‌های شهری براساس مؤلفه کیفی (موردی: پیاده‌راه علم الهدی شهر رشت). *پژوهش و برنامه‌ریزی شهری*، *۲۵*(۱۷)، ۱۲۵-۱٤۰.
۱۸. هاتفی ادرکانی، م. ر.، سرایی، م. ح.، کریم‌نژاد، م. م.، المدرسی، ع.، و مؤیدفر، س. (۱٤۰۲). بررسی عوامل مؤثر بر توسعه درونی شهرهای مناطق خشک (موردی: شهر اردکان). تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، *۲۳*(٦۹)، ۱۳٤-۱۲۰.
۱۹. هاشمی، س. م، روشنعلی، م. (۱۳۹۷). بررسی و تحلیل رشد هوشمند شهری بر پراکندگی توسعه شهری بهشهر. *فصلنامه مهندسی جغرافیای سرزمین*، ۲(٤)، ۱۲۹-۱٤۱.

20. Al Rifat, S. A., & Liu, W. (2022), Predicting future urban growth scenarios and potential urban flood exposure using Artificial Neural Network-Markov Chain model in Miami Metropolitan Area. *Land Use Polic*, *114*, 105994.
21. Al-Darwish, Y., Ayad, H., Taha, D., & Saadallah, D. (2018). Predicting the future urban growth and it's impacts on the surrounding environment using urban simulation models: Case study of Ibb city–Yemen. *Alexandria Engineering Journal*, *57*, 2887–2895.
22. Brice, B. (2023). Urban land expansion and decreased urban sprawl at global, national, and city scales during 2000 to 2020. *Ecosystem Health and Sustainability*, *2*(3). 1-10.
23. Ebrahimipour, A., Saadat, M., & Farshchin, A. (2016). Prediction of urban growth through cellular Automata-Markov chain. *The Bulletin de la Societe Royale des Sciences de Liege*, *85*, 824-839.
24. Hanoon, S. K., Abdullah, A. F., Shafri, H. Z., & Wayayok, A. (2023). Urban growth forecast using machine learning algorithms and GIS-based novel techniques: A case study focusing on Nasiriyah city, Southern Iraq. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, *12*(2), 76.
25. Hennig, E. I., Soukup, T., Orlitova, E., Schwick, C., Kienast, F., & Jaeger, J. A. (2016). *Annexes 1-5: Urban Sprawl in Europe*. Joint EEA-FOEN report. No 11/2016.
26. Herold, M., Menz, G., & Clarke, K. C. (2001). *Remote sensing and urban growth models–demands and perspectives*. Paper presented at the Proceedings of the Symposium on Remote Sensing of Urban Areas, Regensburg, Germany.

27. Kim, J. M., Park, J. S., Lee, C. Y., & Lee, S. G. (2022). Predicting of urban expansion using convolutional LSTM network model: The case of Seoul Metropolitan Area, Korea. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, *10*, 113-118.
28. Kim, M., & Kim, G. (2022). Modeling and predicting urban expansion in South Korea using explainable artificial intelligence (XAI) Model. *Applied Sciences*, *12*(18), 9169.
29. Kumar, K. S., Kumari, K. P., & Bhaskar, P. U. (2016). *Application of Markov chain & cellular automata based model for prediction of urban transitions*. Paper presented at the 2016 International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT) (pp. 4007-4012). IEEE.
30. Liu, X., Wei, M., Li, Z., & Zeng, J. (2022). Multi-scenario simulation of urban growth boundaries with an ESP-FLUS model: A case study of the Min Delta region, China. *Ecological Indicators*, *135*, 108538.
31. Lu, H., Shang, Z., Ruan, Y., & Jiang, L. (2023). Study on urban expansion and population density changes based on the inverse s-shaped function. *Sustainability*, *15*(13), 10464.
32. Mallick, S. K., Das, P., Maity, B., Rudra, S., Pramanik, M., Pradhan, B., & Sahana, M. (2021). Understanding future urban growth, urban resilience and sustainable development of small cities using prediction-adaptation-resilience (PAR) approach. *Sustain. Cities Sociology, 74*, 103196.
33. McDonald, R. I., Green, P., Balk, D., Fekete, B. M., Revenga, C., & Todd, M. (2011). Urban growth, climate change, and freshwater availability. *Proceeding of National Academy of Sciences, 108*, 6312–6317.
34. Park, S., Jeon, S., Kim, S., & Choi, C. (2011) Prediction and comparison of urban growth by land suitability index mapping using GIS and RS in South Korea. *Landscape Urban Planning*, *99*, 104–114.
35. Rana, S., & Sarkar, S. (2021). Prediction of urban expansion by using land cover change detection approach. *Heliyon*, 7, e08437.
36. Seto, K. C., Fragkias, M., Güneralp, B., & Reilly, M. K. (2011). A meta-analysis of global urban land expansion. *PloS One*, *6*(8), e23777.
37. Wang, Y., Dong, P., Liao, S., Zhu, Y., Zhang, D., & Yin, N. (2022). Urban expansion monitoring based on the digital surface model—A case study of the Beijing–Tianjin–Hebei Plain. *Applied Science. 12*, 5312.
38. Zhou, Y., Varquez, A. C., & Kanda, M. (2019). High-resolution global urban growth projection based on multiple applications of the SLEUTH urban growth model. *Scientific Data*, *6*(1), 34.